

CLIPPEDIMAGE= JP02000098171A

PAT-NO: JP02000098171A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000098171 A

TITLE: FUSION SPLICING METHOD FOR OPTICAL FIBERS

PUBN-DATE: April 7, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ISHIGURO, TAKEHITO	N/A
KAWANISHI, NORIYUKI	N/A
SUZUKI, JUNICHI	N/A
YAGUCHI, HISANOSUKE	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJIKURA LTD	N/A

APPL-NO: JP10271663

APPL-DATE: September 25, 1998

INT-CL (IPC): G02B006/255

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To fusion splice optical fibers varying in mode field diameters to each other with low loss.

SOLUTION: The optical fibers 10 and 20 varying in the mode field diameters are butted against each other as shown in (a) and are heated by an arc discharge beam 43 between discharge electrodes 41 and 42. Both optical fibers 10 and 20 are then pushed in toward the butt direction as shown by arrows to fusion splice the end faces of both and thereafter, the optical fibers 10 and 20 are moved rightward as shown by an arrow of (b) to offset the heating region by the discharge beam 43 toward the optical fiber 10 side where the mode field diameter is small. The additional heating is then executed with the discharge beam 43 between the discharge electrodes 41 and 42 to diffuse the dopant in the core part of the optical fiber 10 having the smaller mode field diameter, by which the mode field diameter is enlarged and is approximated to the mode field diameter of the optical fiber 20 having the larger mode field diameter.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98171

(P2000-98171A)

(43) 公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/255

識別記号

F I

G 0 2 B 6/24

テマコード(参考)

3 0 1 2 H 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-271663

(22) 出願日

平成10年9月25日(1998.9.25)

(71) 出願人

000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者

石黒 壮人

千葉県佐倉市六崎1440番地株式会社フジクラ

佐倉工場内

(72) 発明者

川西 紀行

千葉県佐倉市六崎1440番地株式会社フジクラ

佐倉工場内

(74) 代理人

100075122

弁理士 佐藤 祐介

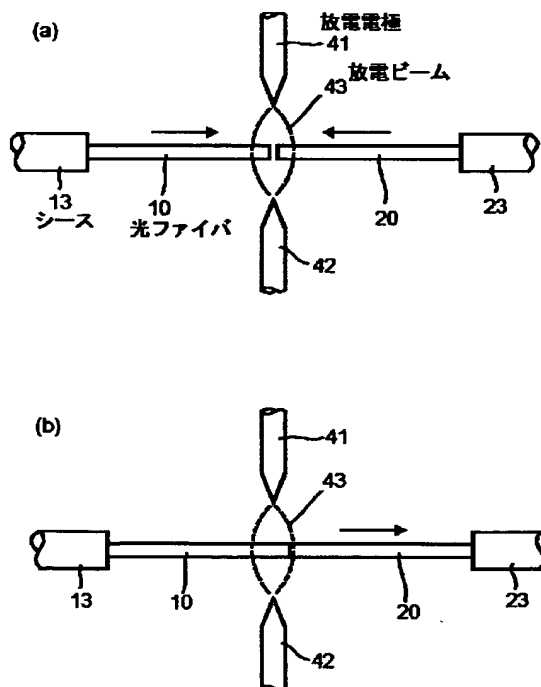
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの融着接続方法

(57) 【要約】

【課題】 モードフィールド径の異なる光ファイバ同士を低損失に融着接続する。

【解決手段】 (a) のようにモードフィールド径の異なる光ファイバ10、20とを突き合わせ、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43により加熱し、両光ファイバ10、20を矢印に示すように突き合わせ方向に押し込んで両者の端面を融着接続した後、(b) の矢印に示すように光ファイバ10、20を右方に移動させて、放電ビーム43による加熱領域をモードフィールド径の小さい光ファイバ10側にずらし、放電電極41、42間での放電ビーム43で追加の加熱を行い、モードフィールド径の小さい光ファイバ10においてコア部のドーパントを拡散してモードフィールド径を拡大し、モードフィールド径の大きい光ファイバ20のモードフィールド径に近づける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに接続すべきモードフィールド径の小さい第1の光ファイバとモードフィールド径の大きい第2の光ファイバのそれぞれ端面同士を突き合わせ、この突き合わせ部を放電加熱して融着接続し、その後、放電加熱位置を第1の光ファイバ側へずらして加熱量の少ない追加の放電加熱を行って第1の光ファイバのコアのドーパントを拡散させ、第1の光ファイバのモードフィールド径のみを長手方向に緩やかに拡大することを特徴とする光ファイバの融着接続方法。

【請求項2】 追加の放電加熱時に、第1の光ファイバ側の複数位置で放電加熱を行うとともに、融着接続部から離れるほど放電加熱量を小さくすることを特徴とする請求項1記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項3】 融着接続された第1、第2の光ファイバを放電電極に対して相対的に移動させることによって、追加放電加熱時の加熱位置を第1の光ファイバ側に移動させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項4】 偏向電極により放電ビームを偏向させることによって追加放電加熱時の加熱位置を第1の光ファイバ側に移動させることを特徴とする請求項1記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項5】 互いに接続すべきモードフィールド径の小さい第1の光ファイバとモードフィールド径の大きい第2の光ファイバのそれぞれ端面同士を突き合わせ、この突き合わせ部近辺の光ファイバ長さ方向に広い範囲を放電加熱し、第1の光ファイバのコアのドーパントを光ファイバ長さ方向に広い範囲で拡散させて第1の光ファイバのモードフィールド径をテーパ状に拡大させ、かつそのテーパ長が長くなるようにして、上記の両光ファイバを融着接続することを特徴とする光ファイバの融着接続方法。

【請求項6】 放電電極間隔を光ファイバ径の20倍を超えるほどに広げて放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大することを特徴とする請求項5記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項7】 放電加熱のための放電ビームを偏向電極により偏向させることによって放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大することを特徴とする請求項5記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項8】 放電加熱中に両光ファイバを移動させることにより放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大することを特徴とする請求項5記載の光ファイバの融着接続方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、モードフィールド径の異なる2本の光ファイバ同士をアーク放電融着接続機を使用して融着接続する接続方法に関する。

【0002】

【従来の技術】通信ケーブル網の構築や光ファイバを使用した機器を製作する際にモードフィールド径の異なる2本の光ファイバ同士を融着接続しなければならない場合がある。その際、単に、アーク放電融着接続機を使用して、モードフィールド径の異なる2本の光ファイバ同士を融着接続すると、モードフィールド径が等しい光ファイバ同士を接続する場合に比べて、大きな接続損失が生じる。そこで、従来より、なるべく低損失で接続するための工夫がなされている。

【0003】その第1の方法として、融着接続前に、モードフィールド径の小さな光ファイバの接続端部付近をマイクロトーチ等を用いて加熱し、その接続端部付近のコアのドーパントを長手方向に緩やかに拡散させて、他方のモードフィールド径の大きな光ファイバのモードフィールド径とおおよそ一致させ、その後、通常の融着接続法により接続する、というものが知られている。この場合、接続部において両方の光ファイバのモードフィールド径が概略一致するため、低接続損失が得られる。

【0004】従来の第2の方法では、まず、両光ファイバの突き合わせられた接続部をアーク放電により加熱して融着接続を行い、つぎにその同じ箇所をアーク放電により、今度はより低い温度で追加加熱する（特開平5-215931号公報参照）。この方法は、たとえばエルビウムドーパ光ファイバなどの、コア径の細い側の光ファイバのコアのドーパントの熱による拡散速度が速い場合に、この光ファイバを、他方のたとえば一般的な1.55μm帯シングルモード光ファイバに接続する場合などに使用される。

【0005】この第2の方法では、いったん融着接続された融着接続部が低い温度で適当な時間追加加熱されることにより、両方のコア径が近づくことを利用している。図12はこの方法で融着接続した場合の接続損失と加熱時間の関係を示す。このような関係から、最も接続損失が低下する時点で加熱を中止することにより、良好な接続損失を得ることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の第1の方法では、通常の融着接続機を使用して融着接続を行う前にモードフィールド径の小さな光ファイバの接続端部付近を加熱するための、マイクロトーチ等の通常の融着接続機以外の特別な装置が必要になること、および作業が複雑になること、などの問題がある。つまり、マイクロトーチ等を熱源とした別の装置が必要になるとともに、その装置を使用した前処理工程が必要となつて、作業が煩雑になる。

【0007】また、従来の第2の方法は、上記のような特別な装置を必要としないものの、アーク放電によって追加加熱するので、接続損失をそれほど低下させることができないという問題がある。つまり、アーク放電によ

10

20

30

40

50

る加熱の場合、加熱領域が光ファイバ長さ方向に狭いため、コアドーバントの拡散領域が狭く、モードフィールド径のテーパ状拡大部の、そのテーパ長が短くなって、低接続損失化できない。さらに、コア径の太い側の光ファイバの方が、そのコアのドーパ剤の熱による拡散速度が遅い場合には、両光ファイバのコア径の格差を広げることになり、逆効果となって接続損失を増加させてしまう問題もある。つまり、図13(a)のようにコア部11が細径な光ファイバ10とコア部21が太径な光ファイバ20とを融着接続した後、その融着接続部近辺を均等に加熱すると、同(b)のように、細径のコア部11が拡散するばかりでなく太径のコア部21も拡散して、コア部11、21の径の格差がかえって広がる。

【0008】この発明は、上記に鑑み、特別の装置の必要性や作業の煩雑さを招くことなく、モードフィールド径の異なる光ファイバ同士を低損失に融着接続できる方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、この発明による光ファイバの融着接続方法においては、互いに接続すべきモードフィールド径の小さい第1の光ファイバとモードフィールド径の大きい第2の光ファイバのそれぞれ端面同士を突き合わせ、この突き合わせ部を放電加熱して融着接続し、その後、放電加熱位置を第1の光ファイバ側へずらして加熱量の少ない追加の放電加熱を行って第1の光ファイバのコアのドーバントを拡散させ、第1の光ファイバのモードフィールド径のみを長手方向に緩やかに拡大することが特徴となっている。

【0010】追加の放電加熱は、加熱位置をモードフィールド径の小さい第1の光ファイバ側へずらした上で行うので、この第1の光ファイバのみのコアのドーバントを拡散させることができ、この第1の光ファイバのモードフィールド径のみを長手方向に緩やかに拡大することができる。そのため、モードフィールド径の大きな第2の光ファイバとの接続部においてモードフィールド径の小さな第1の光ファイバのモードフィールド径がテーパ状に拡大し、かつそのテーパ長を長くすることができるので、テーパ長が短いことによる損失増加を抑え、低接続損失で接続することができるようになる。

【0011】この追加の放電加熱時に、第1の光ファイバ側の複数位置で放電加熱を行うとともに、融着接続部から離れるほど放電加熱量を小さくすることもできる。

【0012】また、追加放電加熱時の加熱位置を第1の光ファイバ側に移動させるには、融着接続された第1、第2の光ファイバを放電電極に対して相対的に移動させることによってよい。

【0013】さらに、追加放電加熱時の加熱位置を第1の光ファイバ側に移動させるには、偏向電極により放電ビームを偏向させることにより実現することもできる。

10

【0014】また、互いに接続すべきモードフィールド径の小さい第1の光ファイバとモードフィールド径の大きい第2の光ファイバのそれぞれ端面同士を突き合わせ、この突き合わせ部近辺の光ファイバ長さ方向に広い範囲を放電加熱し、第1の光ファイバのコアのドーバントを光ファイバ長さ方向に広い範囲で拡散させて第1の光ファイバのモードフィールド径をテーパ状に拡大させ、かつそのテーパ長が長くなるようにして、上記の両光ファイバを融着接続することを特徴としてもよい。

10

【0015】ここで、第1、第2の光ファイバのそれぞれの端面同士を突き合わせ、この突き合わせ部近辺の光ファイバ長さ方向に広い範囲を放電加熱し、上記の両光ファイバを融着接続する際、その放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大するには、放電電極間隔を光ファイバ径の20倍を超えるほどに広げるようにすればよい。

【0016】また、偏向電極により放電ビームを偏向させることによって、放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大するようにしてもよい。

20

【0017】さらに、放電加熱中に光ファイバを移動させることにより放電加熱領域を光ファイバ長さ方向に拡大することもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】つぎに、この発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。まず、図1の(a)に示すように、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10と、モードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを、それらの先端においてシース(保護膜)13、23を剥離した状態で突き合わせ、放電電極(棒)41、42に高電圧を印加してアーク放電を起こす。この放電電極41、42の間にアーク放電による放電ビーム43が形成され、その熱で両光ファイバ10、20の突き合わせ端部が加熱されて溶融されてくる。その時、これらの光ファイバ10、20を矢印に示すように突き合わせ方向に押し込んで両者の端面を融着接続する。

30

【0019】その後、図1の(b)の矢印に示すように、この2つの光ファイバ10、20を右方に移動させる。すると、放電ビーム43による加熱領域が融着接続部から左方つまりモードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10側にずれる。このようにずらした状態で放電電極41、42間でアーク放電を起こして加熱する。これにより、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10のみにおいてコア部のドーバントを拡散してモードフィールド径をテーパ状に緩やかに拡大し、そのテーパ長を長くしながら第2の光ファイバ20のモードフィールド径に近づけることができる。

40

【0020】すなわち、単に融着接続した状態では、図2の(a)のように両光ファイバ10、20のコア部11、21の直径に段差がある状態で接合している。追加加熱時には、図2の(b)に示すように、この融着接続

位置30よりも光ファイバ10側にずらした位置31を加熱中心として加熱する。そのため、この位置31を中心にして加熱されることになって、モードフィールド径の小さな光ファイバ10のコア部11のドーナツ部がその周囲のクラッド部12に拡散してきて、モードフィールド径の大きな光ファイバ20のコア部21の直径と近くなる。また、モードフィールド径はテーパ状に緩やかに拡大し、そのテーパ長が長くなる。

【0021】このように、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10とモードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを融着接続する場合に、光ファイバ10のモードフィールド径のみを融着接続部付近でテーパ状に緩やかに拡大することができて、両光ファイバ10、20のモードフィールド径を近づけてそれらの間に段差が生じることを解消することができる。そして光ファイバ10のモードフィールド径が長いテーパ長で緩やかに拡大していくため、接続損失が少ない融着接続を行うことができる。そして、この場合、第2の光ファイバのコア部21のドーナツ部の拡散速度が速い場合でも、加熱中心は位置31であって、第2の光ファイバ20はそれほど加熱されず、コア部21のドーナツ部の拡散が進むことはなく、この第2の光ファイバ20でモードフィールド径が拡大されないため、モードフィールド径の大きい側の第2の光ファイバ20がどのような種類の光ファイバでもよくなり、適用可能な光ファイバの種類が限定されることがなくなる。

【0022】なお、追加放電加熱の加熱中心位置および追加放電回数（放電加熱時間と考えてもよい）には、接続損失を最も小さくするための最適値がそれぞれ存在している。つまり、追加放電位置を、融着接続位置30から少しずつ離して上記のようにして追加放電加熱を行ったとき、その融着接続部を通して一方の光ファイバ（10または20）から他方の光ファイバ（20または10）へ伝送される光パワー（通過パワー）を測定したところ、図3の（a）のような結果が得られた。これから、追加の放電加熱位置が融着接続位置30に近過ぎる場合、光ファイバ20側も加熱してしまうことになるため、光ファイバ20のコア部21のドーナツ部を拡散してしまっ

て、接続損失を小さくすることができない。逆に、追加の放電加熱位置が融着接続位置30から遠過ぎる場合には、光ファイバ10のコア部11のドーナツ部が拡散される位置が融着接続位置30から離れるので、融着接続位置30ではあまり拡散されずに、この位置ではモードフィールド径が小さいままにとどまることになって、光ファイバ20のモードフィールド径との差が大き

いままとなってしまっ、接続損失を小さくできない。【0023】追加放電回数（追加放電加熱時間）も同様であり、放電回数（加熱時間）を変えて追加放電加熱を行い、光の通過パワーを測定してみたところ、図3の

（b）のような結果を得た。これから放電回数（加熱時間）が少なくても、多くても通過パワーは小さく（接続損失は大きく）なり、最適値が存在することが分かる。すなわち、加熱時間が少なすぎれば光ファイバ10におけるモードフィールド径の拡大が不十分となり、多すぎれば拡大されすぎて、逆に損失が増える。

【0024】実際には、追加の放電加熱についての、これらの放電位置、および放電回数（加熱時間）は、光ファイバ10のコア部11のドーナツ部としてどのような材料を用いているかなど、光ファイバ10の種類ごとに異なるため、実験によって最適値を求めていくほかない。【0025】つぎに、第2の実施形態について説明すると、ここでは、追加の放電加熱位置を少しずつずらしながら、複数の加熱位置において追加の放電加熱を行う。つまり、第1の実施形態と同様に、図1の（a）のようにモードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10とモードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43によって加熱することにより融着接続した後、図1の（b）に示すように光ファイバ10、20を右方に移動させて放電ビーム43の位置を融着接続部より光ファイバ10側へとずらして追加の放電加熱を行う際に、その加熱位置を一個所とするのではなく、少しずつずらして複数箇所

で加熱する。【0026】その結果、図2の（c）に示すように、光ファイバ10の融着接続位置30に近い、複数（ここでは3つ）の位置31、32、33で加熱して、その3つの位置31、32、33でコア部11のドーナツ部を拡散させることができる。これは、アーク放電による加熱領域が実際上非常に狭いことから来る不都合を解消したものである。加熱領域が狭くても、複数箇所

で加熱することにより、モードフィールド径をテーパ状にスムーズに拡大することができて接続損失をさらに減少させることが可能である。【0027】さらに、その加熱位置31、32、33において、融着接続位置30から離れるほど、放電エネルギーを小さくしたり放電時間を少なくしたりして加熱量を少なくしていけば、モードフィールド径をテーパ状にスムーズに拡大することができて接続損失を一層減少させることが可能である。すなわち、モードフィールド径をテーパ状に拡大していく場合に、そのテーパ部の長さが長いほど接続損失を減少させることができるが、これを実現することが可能になる。

【0028】第3の実施形態では、上記のように複数箇所

7

ド径の大きい第2の光ファイバ20とを、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43によって加熱することにより融着接続した後、図1の(b)に示すように光ファイバ10、20を右方に移動させて放電ビーム43の位置を融着接続部より光ファイバ10側へとずらしきながら、その移動中に、連続的に追加の放電加熱を行い、その移動にしたがって放電による加熱量を徐々に減少させていく。

【0029】すなわち、図2の(d)に示すように、融着接続位置30に近い位置31から遠い位置34までの、加熱量を減少させながらの追加の連続的放電加熱を行う。これにより、光ファイバ10のコア部11のドーパントの拡散度を徐々に減らすことができ、光ファイバ10のモードフィールド径を融着接続位置30に向けてよりゆるやかなテーパ状に拡大することができる。その結果、モードフィールド径の異なる2つの光ファイバ10、20の融着接続部を、より低損失にすることができる。

【0030】つぎにこれらの実施形態で融着接続した光ファイバ10、20を移動させる具体的な機構について説明する。融着接続機は、具体的には、図4に示すように、接続すべき2つの光ファイバ10、20を固定するV溝ブロック52とシースクランプ53とを備える。シースクランプ53、53により、光ファイバ10、20のそれぞれのシース13、23をクランプし、V溝ブロック52、52により光ファイバ(心線)10、20を位置決めする。これらの一対のV溝ブロック52とシースクランプ53は、それぞれ移動ブロック51、51上に搭載され、この移動ブロック51、51は、モーター54の回転を直線運動に変換するマイクロメータ55などの運動伝達機構により矢印で示すように、光ファイバ10、20の軸方向に相互に近づきまたは離れるように移動させられる。これらモーター54、54等はベース56上に固定される。アーク放電用の電極はこの図では省略されているが、光ファイバ10、20の突き合わせ部付近で、前後(紙面に垂直な方向)に配置される。

【0031】光ファイバ10、20を融着接続した後、追加の放電加熱を行う際には、2つのモーター54、54を電気制御でシンクロさせて回転させ、これにより、2つの移動ブロック51、51を、図の右方向に、正確に、等距離・等速度で移動させる。こうして、融着接続した部分をそのままに保って両方の光ファイバ10、20を、固定された放電電極に対してずらすことができる。

【0032】また、図5に示すように、モーター54、54等を固定するベース自体を移動させるよう構成することもできる。すなわち、ベース56の上に移動ベース57を設け、その上にモーター54、54等を固定する。そして、モーター58およびマイクロメータ59等の運動伝達機構によってこの移動ベース57をベース5

8

6上で矢印で示すように移動させる。

【0033】この図5の構成では、2つのモーター54、54を同時に回転させ光ファイバ10、20が近く方向にこれらの光ファイバ10、20を移動させて融着接続した後、これらのモーター54、54は停止させてその状態を保つようにし、モーター58のみを駆動して移動ベース57を移動させて放電電極(図では省略)に対する光ファイバ10、20の軸方向移動を行い、追加の放電加熱を行うことになる。

10 【0034】さらに、図示はしないが、光ファイバ10、20は固定したままで、放電電極の方を移動させるよう構成することも可能である。すなわち、放電電極棒を保持する保持機構を図5の移動ベース57のような移動ベースに取り付けて、融着接続後に放電電極を光ファイバ10、20の軸方向に移動させて、追加の放電加熱を行うよう構成するのである。

【0035】第4の実施形態について説明する。この実施形態では、まず図6の(a)に示すように、第1の実施形態と同様に、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10とモードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43によって加熱することにより融着接続した後、追加の放電加熱を行うが、その際に、図6の(b)に示すように偏向電極60を挿入して放電ビーム43を、光ファイバ10側へと偏向させる。これによって放電加熱位置を、融着接続位置から光ファイバ10側へとずらす。

【0036】偏向電極60は、たとえば図7のように、アルミナ等のセラミックの絶縁基板61の片面に導電体層62を設けたものからなる。この導電体層62は、メッキまたは蒸着などにより形成することができる。そして、溝63を有する形状に形成されている。この溝63は、光ファイバ10(20)を挿入するためのものである。すなわち、不要時には待避させておいて、必要となったときにこの偏向電極60を矢印に示すように移動させて溝63内に光ファイバ10(20)が入るようにすることで、光ファイバ10(20)の周囲に偏向電極60を位置させる。

40 【0037】放電ビーム43は、電子ビームであって負に帯電しているため、導電体層62をプラスにバイアスすることによって、放電ビーム43を偏向電極60側へ引き寄せることができる。このとき導電体層62と放電電極との間に放電が生じないようにする必要がある。そのため、導電体層62側の面と反対側の面が放電ビーム43に対面するようにして、絶縁を図っている。

【0038】この偏向電極60の進退機構は種々に形成できる。たとえば、図8のように、一対のV溝ブロック52・シースクランプ53(および図示しない放電電極棒)を覆って保護する風防70に、この偏向電極60を上下方向(図の矢印方向)にスライド可能に取り付け

て、追加の放電加熱時に下降させるようにする。

【0039】さらに、図9に示すように、風防70に取り付けた偏向電極60を横方向にもスライドできるようにして、光ファイバ10、20の軸方向の任意の位置に偏向電極60を移動させるようにしてもよい。また、図で示すことはしないが、スライド型の機構のほか、回転型の機構（偏向電極60の基板61を回転可能に軸止する機構）を用いて偏向電極60を進退させるようにしてもよい。

【0040】追加の放電加熱時にこのような偏向電極60を用いて放電ビーム43を図6の(b)に示すように偏向させることにより、加熱位置を融着接続位置から光ファイバ10側へとずらすことができるため、たとえば図2の(b)のように、融着接続位置30から光ファイバ10側へとずれた位置31を中心にコア部11のドーパントを拡散してモードフィールド径を拡大することができる。

【0041】また、偏向電極60の位置をずらして放電ビーム43の偏向度合いを変化させながら複数回放電加熱を行えば、図2の(c)のように複数の箇所31、32、33を中心にしてコア部11のドーパントを拡散することができ、しかもその際に放電エネルギーや放電時間を調整して融着接続位置30から離れるほど加熱量を少なくすれば、比較的長いテーパ状となるように、徐々にモードフィールド径を拡大することができる。

【0042】さらに、偏向電極60の位置をずらして放電ビーム43の偏向度合いを変化させながら連続的に放電加熱を行い、その際に融着接続位置30から離れるほど加熱量を少なくすれば、図2の(d)のように位置31から位置34までの比較的長い距離において徐々に拡散度を小さくしながら、コア部11のドーパントを拡散することができる。こうして、光ファイバ10におけるモードフィールド径を、融着接続位置30に向けてテーパ状に徐々に拡大させることができる。

【0043】なお、放電ビーム43の偏向度合いを変化させて加熱位置を種々に変えるには、上記のように偏向電極60そのものの位置をずらすほか、偏向電極60（導電体層62）に加えるバイアス電圧を調整することでも可能である。

【0044】つぎに第5の実施形態について説明する。この実施形態では、まず図10の(a)に示すように、第1の実施形態と同様に、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10とモードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを突き合わせ、放電電極（棒）41、42に高電圧を印加してアーク放電を起こし、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43によって加熱する。そして、それら光ファイバ10、20の突き合わせ端部が溶融したとき、図10の(b)の矢印に示すように光ファイバ10、20を突き合わせ方向に押し込んで両者の端面を融着接続する。このような融着接続のた

めの放電加熱の際に、放電電極41、42の間の間隔を光ファイバ（心線）10、20の外径の20倍を超えるような広い間隔としておく。すなわち、通常であれば、融着接続時の放電電極41、42の間の間隔は光ファイバ（心線）10、20の外径の12~13倍程度が普通であるが、これを上記のような広い間隔に広げておく。これによって融着接続時の放電ビーム43を拡大させて、加熱領域を光ファイバ10、20の長さ方向に拡大する。

【0045】また、第6の実施形態では、最初に図11の(a)に示すようにして、最初に述べた第1の実施形態と同様に、モードフィールド径の小さい第1の光ファイバ10とモードフィールド径の大きい第2の光ファイバ20とを突き合わせ、放電電極（棒）41、42に高電圧を印加してアーク放電を起こし、放電電極41、42間のアーク放電ビーム43によって加熱する。そして、それら光ファイバ10、20の突き合わせ端部が溶融したとき、図11の(b)の矢印に示すように光ファイバ10、20を突き合わせ方向に押し込んで両者の端面を融着接続する。このような融着接続のための放電加熱の際に、2つの偏向電極60、60で放電ビーム43を挟むようにして、これらの偏向電極60、60のそれぞれに放電ビーム43を引き寄せて、放電ビーム43を光ファイバ10、20の長さ方向に拡大させる。こうして、融着接続時の加熱領域を光ファイバ10、20の長さ方向に拡大する。

【0046】この偏向電極60、60は図7に示したようなものを用いることができる。2つの偏向電極60、60は、絶縁基板61側が互いに対面し、その間に放電ビーム43を挟むようにして配置される。

【0047】これらの第5、第6の実施形態では、放電ビーム43が光ファイバ10、20上で拡大しており、加熱領域が光ファイバ10、20の長さ方向に拡大している。そして、放電ビーム43による温度分布は、その中心部で高く、周囲に向かうにしたがって低くなるというようなものとなる。そのため、加熱温度が光ファイバ10、20が溶融するほどに高くなるのは、両光ファイバ10、20の突き合わせ端部のみとなり、その突き合わせ端部から離れれば離れるほど温度は低くなる。

【0048】その結果、光ファイバ10、20のコア部11、21のドーパントの拡散度は、融着接続位置30（図2）で大きく、その位置30から離れるほど小さくなる。通常、コア径の細い側の光ファイバ10はたとえばエルビウムドープ光ファイバなどのコア部11のドーパントの熱による拡散速度が速い光ファイバであり、コア径の太い側の光ファイバ20はたとえば一般的な1.55 μ m帯シングルモード光ファイバであってコア部21のドーパントの熱による拡散速度が遅い光ファイバであることが多い。したがって、異なるモードフィールド径の光ファイバを接続する通常の場合には、図2の

(d)に示すように、コア径の細い側の光ファイバ10のみにおいてコア部11を、融着接続位置30からかなり離れた位置34より、融着接続位置30まで緩やかにテーパ状に拡大させ、光ファイバ20のモードフィールド径に近づけることができる。

【0049】このように、コア径の細い側の光ファイバ10のみにおいてコア部11を緩やかにテーパ状に拡大させ、そのテーパ長を長くすることができるので、光ファイバ10、20を低接続損失で融着接続することができる。しかも、単に、放電電極41、42の間隔を大きくしたり、あるいは偏向電極60、60を挿入するだけであり、その他は通常の融着接続法と同じであるため、非常に簡便であり、操作が容易であるばかりでなく、装置の構成も簡単になる。

【0050】また、図1の(b)のように、光ファイバ10、20をその長さ方向に移動させ、あるいは放電電極41、42を光ファイバ10、20に対しその長さ方向に移動させ、その移動中に融着接続のための放電加熱を行うことによって、融着接続のための加熱領域を光ファイバ10、20の長さ方向に拡大させて、融着接続位置近辺の広い範囲で加熱し、突き合わせ端部のみ熔融させ、それ以外の部分でコア部のドーパントを拡散させるようにしてもよい。

【0051】なお、上記はこの発明の実施の形態を説明するものであり、具体的な構造などは、この発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々に変更可能であることはもちろんである。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の光ファイバの融着接続方法によれば、モードフィールド径の異なる2つの光ファイバ同士を、低接続損失で融着接続することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態を示す模式図。

【図2】融着接続部近辺での両光ファイバの縦断面を示す模式図。

【図3】追加放電加熱位置と追加放電回数に対する融着接続部の通過光パワー特性を示すグラフ。

【図4】光ファイバを移動させる具体的な構造を示す模

式図。

【図5】光ファイバを移動させる他の具体的な構造を示す模式図。

【図6】他の実施形態を示す模式図。

【図7】偏向電極を具体的に示す模式図。

【図8】偏向電極の保持機構の具体例を示す模式図。

【図9】偏向電極の保持機構の別の具体例を示す模式図。

【図10】別の実施形態を示す模式図。

10 【図11】さらに別の実施形態を示す模式図。

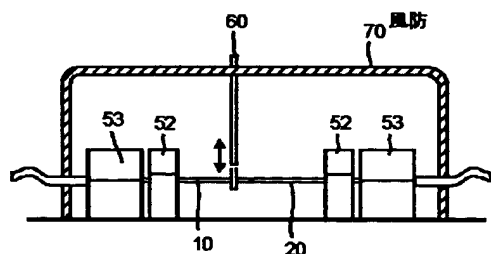
【図12】従来例における追加放電時間に対する接続損失特性を示すグラフ。

【図13】従来例での融着接続部近辺の両光ファイバの縦断面を示す模式図。

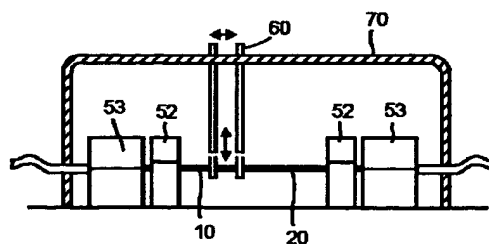
【符号の説明】

10	モードフィールド径の小さい光ファイバ
11	細径のコア部
12、22	クラッド部
13、23	シース
20	モードフィールド径の大きい光ファイバ
21	太径のコア部
30	融着接続位置
31~34	追加の放電加熱中心
41、42	放電電極
43	アーク放電ビーム
51	移動ブロック
52	V溝ブロック
53	シースクランプ
54、58	モーター
55、59	マイクロメータ
56	ベース
57	移動ベース
60	偏向電極
61	絶縁基板
62	導電体層
63	光ファイバ挿入用溝
70	風防

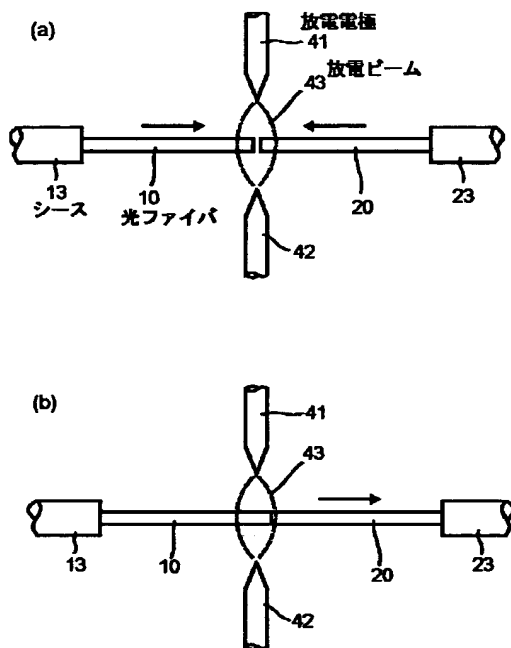
【図8】



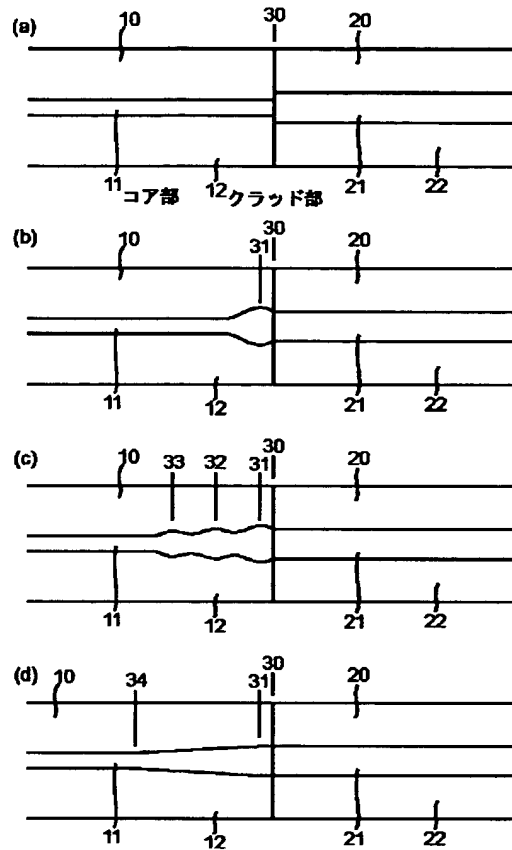
【図9】



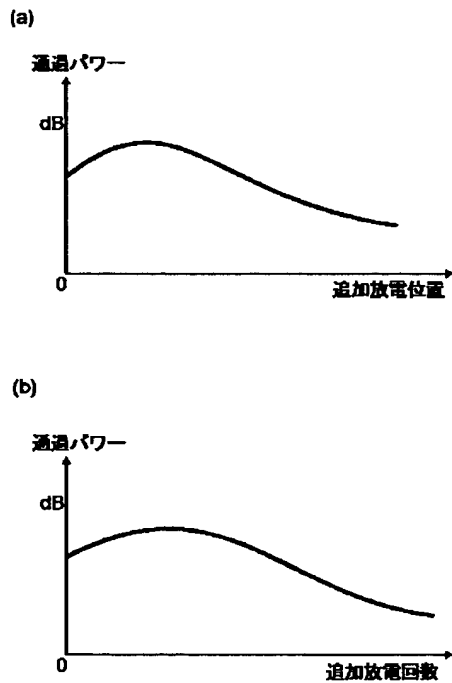
【図1】



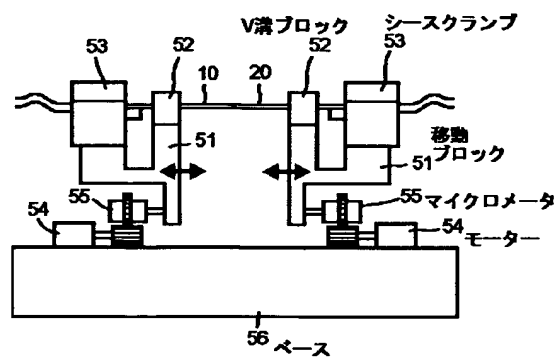
【図2】



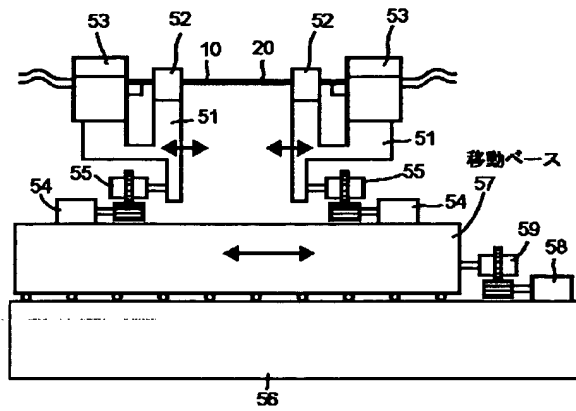
【図3】



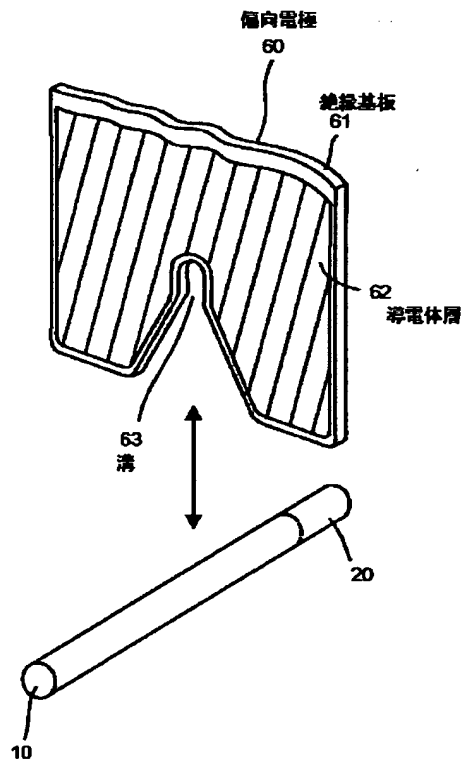
【図4】



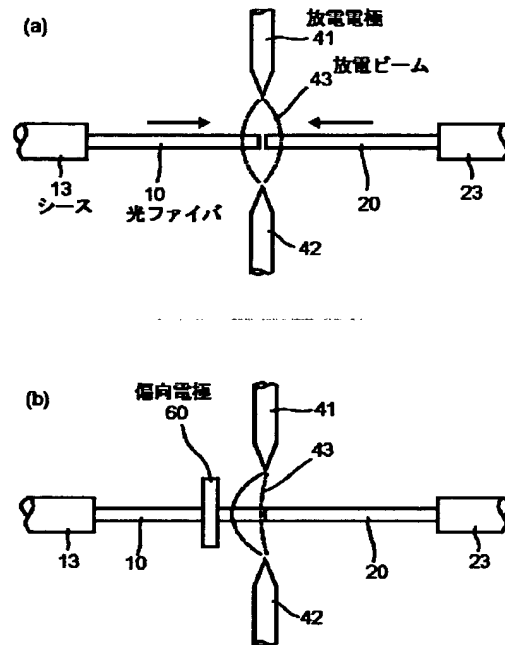
【図5】



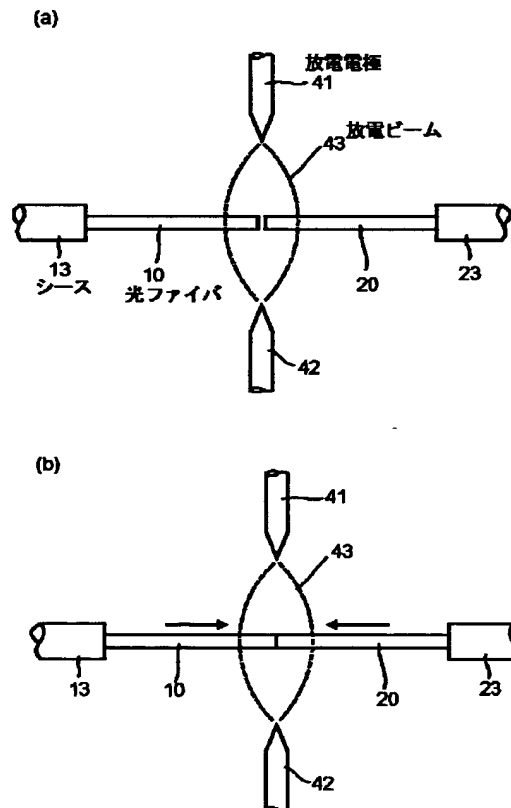
【図7】



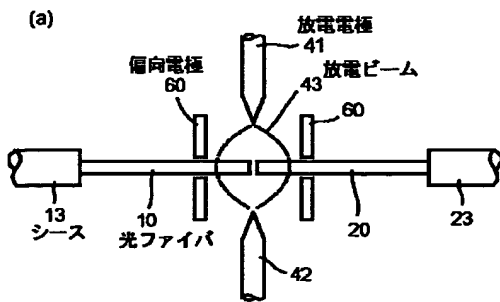
【図6】



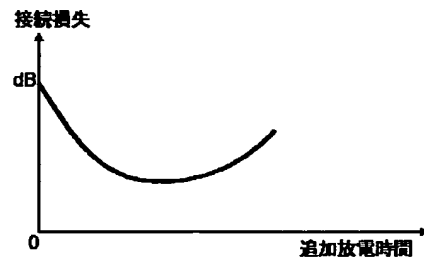
【図10】



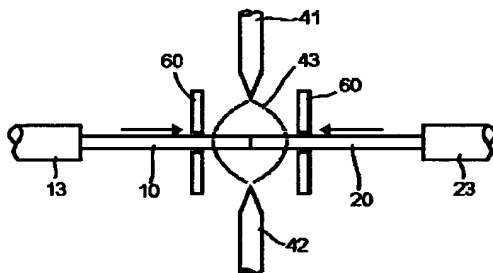
【図11】



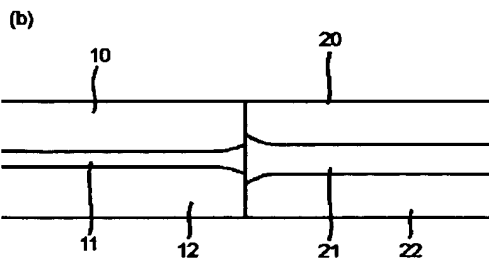
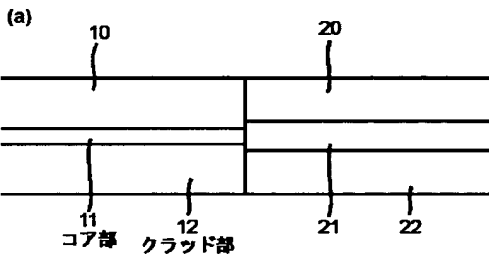
【図12】



(b)



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 純一
千葉県佐倉市六崎1440番地株式会社フジク
ラ佐倉工場内

(72)発明者 矢口 尚之助
千葉県佐倉市六崎1440番地株式会社フジク
ラ佐倉工場内
Fターム(参考) 2H036 MA12 MA17 NA01